

УДК 552.323.6:553.81'553.068.54(665.2)

ДАЙКОВЫЕ КИМБЕРЛИТЫ ЛЕСНОЙ ГВИНЕИ (ЗАПАДНАЯ АФРИКА): МИНЕРАЛОГИЯ, АЛМАЗОНОСНОСТЬ, РОЛЬ В РОССЫПЕОБРАЗОВАНИИ

© 2009 г. Ю. Д. Крайнев*, А. Ю. Шульгин**

* Институт минералогии УрО РАН

456317, Челябинская обл, г. Миасс

E-mail: kraynev@mineralogy.ru

**ЗАО “Сибгеоконсалтинг”

660075, г. Красноярск, ул. Маерчака 8\9

E-mail: alexshulgin@yandex.ru

Поступила в редакцию 18.08.2008 г.

Приведены данные о морфологии, минеральном составе и алмазности недавно открытых кимберлитовых даек Лесной Гвинеи. Типоморфные особенности пиропы, пикроильменита и пироксенов из этих тел позволяют отнести их к лерцолитовому парагенезису. Различия в алмазности и количестве тяжелой фракции объяснены последовательным формированием даек, обусловленным затуханием процесса кимберлитового магматизма. Представлены сведения об алмазах и индикаторных минералах кимберлитов из аллювия р. Тавабо. Показано различие преобладающих габитусных форм алмазов из этих отложений и кимберлитов дайкового комплекса, что указывает на его незначительную россыпеобразующую роль. Присутствие в аллювии пиропов высокоалмазного гарцбургит-дунитового парагенезиса говорит о близком расположении питающих россыпь кимберлитов.

Ключевые слова: Африка, месторождения алмазов, кимберлитовые дайки.

ВВЕДЕНИЕ

Первые алмазы в Западной Африке были найдены на территориях Гвинеи и Ганы в начале XX в. Крупные размеры и высокое качество кристаллов послужило толчком к развитию алмазного промысла в регионе. Уже в 30-х годах прошлого века на территории Гвинеи французскими специалистами велась эксплуатация россыпных месторождений. Несколько позже начали функционировать алмазные рудники в Сьерра-Леоне, Либерии и Кот-д’Ивуаре. Изучение геологии Западной Африки производилось исследователями различных стран и организаций [2, 4, 6, 15, 17, 19, 25 и др.]

Наиболее масштабные работы связаны с деятельностью советской государственной компании “Зарубежгеология”. После сокращения государственного присутствия СССР в Африке доступ к новой геологической информации значительно затруднился, поскольку геологические изыскания велись лишь крупными компаниями, не заинтересованными в публикации полученных результатов, а также различными небольшими организациями, не занимавшимися проведением крупномасштабных исследований. В печати появлялись лишь работы по разрозненным объектам, размещенным, как правило, на незначительной площади [10, 11, 18 и др.] Территориальная разобщенность объектов, а также отличия в целях, методах и объемах работ, выпол-

няемых различными организациями, существенно затрудняют восстановление геологической истории региона.

Предлагаемым исследованием обобщены результаты поисково-оценочных работ, проводившихся на Массадинской и Дамбаинской лицензионных площадях, находящихся на территории Гвинейской Республики. Целью данных работ было обнаружение кимберлитов, питающих интенсивно отрабатываемые местным населением россыпи алмазов. В основе поисков лежал шлихо-минералогический метод, на Дамбаинской площади производилась также заверка горными работами отрицательных магнитных аномалий. Результатом поиска стало обнаружение 9 кимберлитовых даек. Валовое опробование (вес проб составлял 30–65 т) показало слабую алмазность трех тел. Кроме того, на Массадинской площади производилась опытная эксплуатация аллювиальных отложений. Данная статья представляет собой интерпретацию полученного в ходе работ фактического материала (сведения о морфологии кимберлитовых тел, результаты их поинтервального опробования, описания алмазов и т.п.). Материал по Массадинской площади был собран А.Ю. Шульгиным в ходе его работы в компании “SOREM” за период с 1999 по 2001 г., по Дамбаинской – Ю.Д. Крайневым при работе в составе группы экспертов SRK Exploration Services в 2007 г. Изучение химического состава индикаторных минералов и алмазов в этих телах проводилось в Институте минералогии УрО РАН.

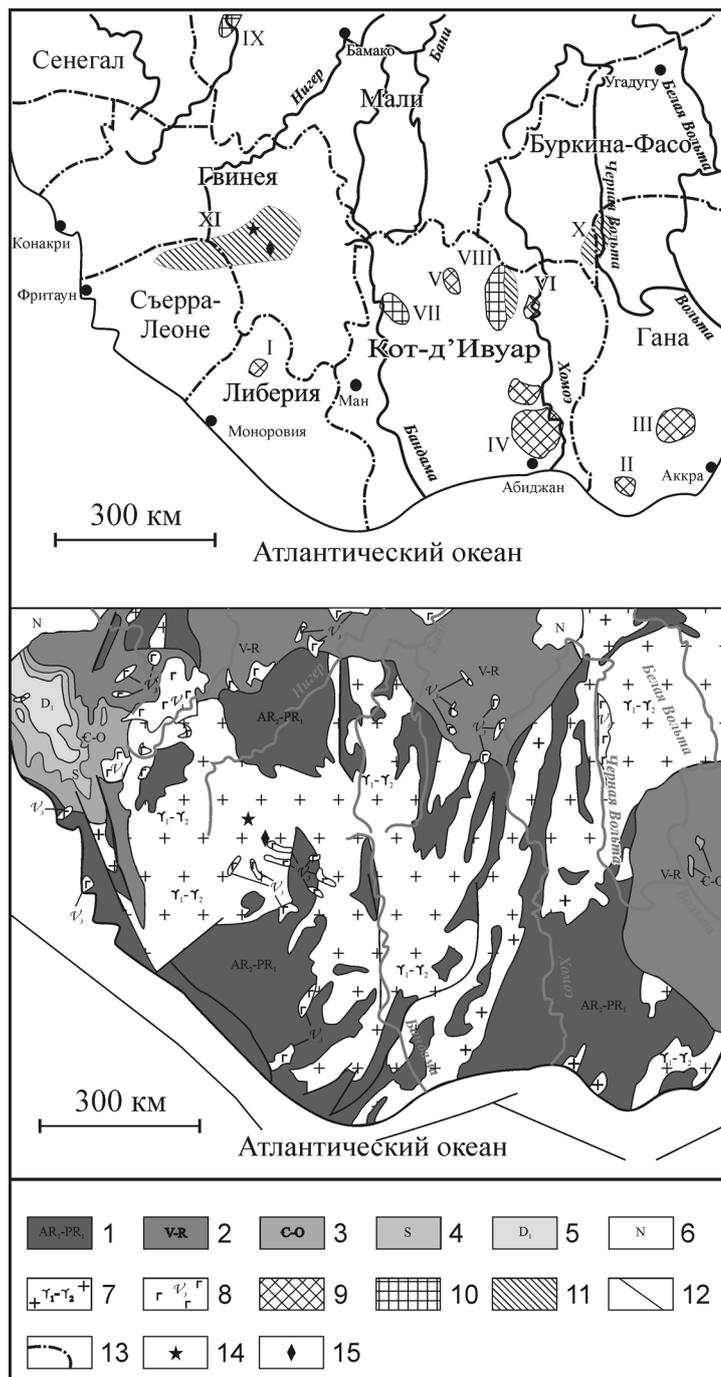


Рис. 1. Геологическое строение (по [3]) и расположение кимберлитов (по [4]) Леоно-Либерийского массива.

1 – архейско-нижнепротерозойские отложения, 2 – вендрийские отложения, 3 – кембрий-ордовикские отложения, 4 – силурийские отложения, 5 – нижнедевонские отложения, 6 – неогенные отложения, 7 – архейско-протерозойские гранитоиды, 8 – палеозойские габброиды, 9–11 – районы распространения кимберлитов: 9 – раннепротерозойских, 10 – позднепротерозойских, 11 – мезозойских; 12 – разломы, 13 – государственные границы, 14 – Массадинская площадь, 15 – Дамбаинская площадь. Алмазоносные районы: I – Саниквелли, II – Бонза, III – Биррим, IV – Юго-Восточный, V – Бу-Бандама, VI – Дабакола, VII – Сегела, VIII – Хоут-Нэн, IX – Кениеба, X – Батие-Буна, XI – Фенария-Сефаду.

торных минералов кимберлитов из обнаруженных даек и алмазоносных аллювиальных отложений р. Тавабо, различия в содержании минералов тяжелой фракции в описанных телах, сопоставление распространенности основных габитусных форм алмазов из позднемезозойских кимберлитов и опробованной аллювиальной россыпи позволило не только установить особенности внедрения кимберлитовых даек, но и оценить их влияние на формирование россыпей алмазов.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛЕОНО-ЛИБЕРИЙСКОГО МАССИВА

Большинство известных в настоящее время кимберлитовых тел Западно-Африканской алмазоносной провинции сосредоточены в пределах Леоно-Либерийского массива, который является одним из крупнейших и древнейших докембрийских массивов Африкано-Аравийской платформы [15]. Наиболее древние архейские образования развиты в его западной части – территории современных Либерии и Сьерра-Леоне, отчасти Гвинеи и Кот-д'Ивуара (рис. 1). Они представлены глубокометаморфизованными и гранитизированными осадочно-вулканогенными породами серий Камбуи, Касила, Симанду и Дабола и сложены разнообразными гнейсами, кристаллическими сланцами, кварцитами, гондитами, гранулитами, мигматитами, а также амфиболитами. Породы метаморфизованы в условиях от амфиболитовой до гранулитовой фаций и насыщены метасоматическими гранитами и чарнокитами. Абсолютный возраст образований вышеупомянутых серий, определенный по глаукониту и галениту, составляет 3020–2676 млн. лет [17]. В северной и восточной частях Леоно-Либерийского массива широко развиты раннепротерозойские осадочно-вулканогенные породы серии Биррим, с которыми тесно ассоциируют син- и посттектонические граниты. С отложениями бирримской серии связаны наиболее древние проявления россыпной алмазоносности Западно-Африканской провинции [5]. На толщах Биррима и древних гранитах с резким угловым несогласием залегают песчаники, конгломераты и кварциты серии Таркава (юго-восточная часть Леоно-Либерийского массива), Рокел, Лесто и др. (западная окраина массива), которые обычно выполняют грабен-синклинали. Они прорваны силлами и дайками габбро-долеритов и небольшими интрузиями преимущественно кислого состава, возраст которых составляет 1645 млн. лет [15]. Позднепротерозойские отложения представ-

лены терригенными породами серии Фалеме и их возрастными аналогами. Эти образования распространены крайне ограниченно и залегают несогласно на более древних породах. На значительной части массива перерыв в осадконакоплении составляет более 1600 млн. лет, и на породах архейско-раннепротерозойского возраста лежат типичные латериты и кайнозойские отложения речных долин. На северной (синеклиза Таудени) и западной (Западно-Гвинейская синеклиза) окраинах массива вследствие плавного прогибания пород фундамента и трансгрессии моря происходило накопление терригенных песчано-сланцевых комплексов раннего (кембрий, ордовик) и среднего (силур, девон) палеозоя. В конце девона, в связи с поднятием территории Африки, начался этап континентального развития массива.

ОСОБЕННОСТИ БАЗИТОВОГО И ЩЕЛОЧНО-УЛЬТРАОСНОВНОГО МАГМАТИЗМА ЛЕОНО-ЛИБЕРИЙСКОГО МАССИВА

В результате глубокого метаморфизма наиболее древние магматические образования основного и ультраосновного состава превращены в амфиболиты и зеленокаменные породы, первичную природу которых трудно установить. Алмазоносность терригенных образований раннего (серия Биррим) и среднего (серия Таркава) протерозоя, установленная на территориях Ганы и Кот-д'Ивуара, позволяет предполагать существование в Западно-Африканской провинции первично алмазоносных пород раннепротерозойского (добирримского) возраста. К реликтам этих пород относят графитовые сланцы района Саниквелли (Либерия), в корях выветривания которых встречаются алмазы [23]. Предполагаемые площади распространения древних кимберлитов располагаются также на территориях Ганы (алмазоносные районы Бонза и Биррим) и Кот-д'Ивуара (район Юго-Восточный) (рис. 1).

Среднепротерозойский базитовый магматизм в пределах массива развит ограниченно. Долериты, возраст которых составляет около 1700 млн. лет, образуют дайки и силлы. Они локализованы среди отложений серии Таркава в Гане и на юго-западе Кот-д'Ивуара. На территориях Кот-д'Ивуара (районы Сегела и Хоут-Нэи) и Мали (район Кениеба) обнаружены кимберлиты позднепротерозойского возраста [23] (рис. 1). Для них характерна тесная пространственная связь с альнеитами и лейцитовыми лампрофирами. В алмазоносных районах Сегела и Хоут-Нэи кимберлиты представлены дайками и жилами, прорывающими граниты, сланцы и мигматиты архей-раннепротерозойского возраста. Тела ориентированы в субмеридиональном направлении и прослеживаются на расстоянии от нескольких сотен метров до 3,5 км. Преобладающее простирание даек и жил 170° , падение $-40-60^\circ$, мощность обычно

не превышает 1–1,5 м. Кимберлиты района Сегела отличаются низким выходом тяжелой фракции (менее 1%). Установлена их алмазоносность, которая на различных объектах составляет от 1 кар/м³ при средней массе камней 0,10 кар, до 10 кар/м³ при средней массе 0,33 кар. Среди алмазов резко преобладают кривоугольные ромбододекаэдры (додэкаэдронды). Несмотря на высокое содержание и хорошее качество алмазов, дайки практически не эксплуатируются из-за малой мощности. Кимберлиты района Хоут-Нэи неалмазоносны и отличаются высоким содержанием тяжелой фракции (до 10–12%) [4]. В пределах алмазоносного района Кениеба наряду с дайками встречаются также и трубки. Кимберлиты прорывают сильно метаморфизованные и дислоцированные породы раннепротерозойской серии Биррим и субгоризонтально залегающие на них терригенные образования серии Танбаур позднего протерозоя. Кимберлитовые тела пересекаются дайками и пластовыми интрузиями мезозойских долеритов [23]. Опробование пород на глубину до 100 м не дало положительных результатов.

Проявления базитового магматизма раннемезозойского возраста, представленные силлами и дайками основных пород трапповой формации, связаны с процессами рифтогенеза, обусловившими заложение Атлантического океана. Силлы наиболее распространены в краевых частях щита, дайки характерны для его центральных частей – они, как правило, пересекают древние докембрийские структуры [2].

Позднемезозойская эпоха в Западной Африке ознаменовалась широким проявлением щелочно-ультраосновного вулканизма, главным образом кимберлитового. Кимберлитовые тела, представленные, как правило, дайками и жилами, значительно реже – трубками, располагаются группами среди полей метасоматических гранитов и контролируются тектоническими нарушениями четырех направлений [14]. Северо-восточное, Сьерра-Леонское, – совпадает с тектоническими элементами архейского фундамента Леоно-Либерийского массива и подчеркивается характером современной речной сети. Субмеридиональное направление совпадает с системой протерозойских разломов, реактивированных в мезозое. Северо-западное, Либерийское, – совпадает с очертаниями береговой линии Западной Африки и обусловлено процессами рифтогенеза. Наиболее продуктивное субширотное направление связано с континентальным продолжением трансформных разломов и подчеркивается роем долеритовых даек, внедрившихся в раннем мезозое.

Позднемезозойские кимберлиты локализованы на территориях Гвинеи, Сьерра-Леоне и Либерии [7]. Наиболее широко кимберлитовый магматизм проявился в юго-восточной части Гвинеи (так называемая Лесная Гвинея). Кимберлитовые тела здесь расположены по вытянутым зонам северо-

западного, субширотного и северо-восточного направлений, которые представляют собой рудо-контролирующие глубинные разломы. Наиболее выдержанной и четко выраженной является региональная субширотная зона Фенария-Сефаду (рис. 1), прослеживающаяся от Сефаду (Сьерра-Леоне) через пос. Фенария на 200–250 км, и включающая ряд зон второго порядка. В пределах зон кимберлиты размещены неравномерно. Обычно в них выделяются несколько локальных зон, прослеживающихся на 2–20 км по простиранию в виде почти непрерывной полосы шириной от 2 до 5 км. Наиболее распространены кимберлитовые дайки. Их простирание обычно подчеркивает простирание локальных кимберлитоконтролирующих тектонических зон. Падение даек преимущественно крутое до вертикального, мощность изменяется от первых сантиметров до 4–5 м, преобладают дайки мощностью 0.5 м. Протяженность варьирует от первых сотен метров до 1.2 км. Кимберлитовые дайки взаимосвязаны с кимберлитовыми трубками; близкорасположенные трубки обычно соединяются дайками. Территориально и по особенностям вещественного состава кимберлитовые породы Лесной Гвинеи можно объединить в пять кимберлитовых полей: Бунудинское, Фенарийское, Маконское, Бананкорское и Ферубанское [2]. На территории Лесной Гвинеи найдено 17 трубок и более 50 даек. Очевидно, что количество кимберлитовых образований в регионе намного больше, но в связи с их малой мощностью, наличием коры выветривания на кимберлитах и повышенной мощностью делювиального слоя многие из них остались неоткрытыми. Установлена алмазоносность ряда кимберлитовых тел. Содержание алмазов, составляя, как правило, 0.01–0.18 кар/м³, в отдельных образованиях достигает 8.46 кар/м³. Наиболее распространенной кристаллографической формой являются кривогранные ромбододекаэдры (додекаэдроиды). Среди алмазов Ферубанского поля велико количество прямоугольных и кривогранных октаэдров (табл. 1). Основными объектами разработки являются аллювиальные россыпи современной гидросети, которые широко распространены на всех полях проявления кимберлитового магматизма, и зачастую отличаются высокими содержаниями (до 1 кар/м³) и хорошим качеством камней. В редких случаях разрабатываются элювиально-делювиальные россыпи, например, дайка Катя Бунудинского кимберлитового поля [4]. В республике Сьерра-Леоне известно около 25 даек, преимущественно северо-восточного простирания, прослеженных на расстояние от 500 м до 15 км. Падение тел субвертикальное, мощность – от первых сантиметров до 1 м. Кимберлиты, выполняющие дайки, представлены двумя разновидностями: массивным кимберлитом с небольшим количеством ксенолитов или без них и кимберлитовой брекчией, состоящей из многочисленных обломков, сцементированных

кимберлитом [19]. Большинство даек алмазоносны: содержание алмазов составляет 0.5–0.9 кар/м³, масса алмазов составляет в среднем 0.5 кар [13]. Большинство алмазов из даек Сьерра-Леоне представлено октаэдроидами, много осколков и двойников, додекаэдры сравнительно редки. Характерной особенностью является наличие на многих кристаллах мелкокристаллической оболочки, окрашенной в различные оттенки зеленого цвета. На территории Сьерра-Леоне широкое распространение имеют богатые россыпи с крупными алмазами, что позволяет выдвинуть предположение о наличии здесь еще не обнаруженных кимберлитовых тел [4].

В Либерии все известные кимберлитовые проявления находятся в пределах алмазоносного района Маоно-Лофа. Здесь, на правобережье р. Маоно, обнаружены четыре кимберлитовые дайки северо-восточного простирания. Мощность даек 0.02–2.4 м, в среднем – 0.5–1.0 м, прослеженная длина каждой из них около 600 м. Маломощные кимберлитовые дайки обнаружены также в русле р. Лофа и некоторых ее притоков [19]. Содержание алмазов в дайках непромышленное. По морфологии преобладают октаэдры, иногда с округлыми гранями. Средняя масса кристаллов не превышает 0.2–0.3 кар.

ГЕОЛОГИЯ ИЗУЧЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Массадинская площадь расположена близ деревни Массаду (префектура Масента) на водоразделе р. Ува и Тавабо. Она оконтурена с юго-востока и юга границей заповедника “Форрест Классик”, с запада и северо-запада – р. Ува, а с севера и востока – границей крайних старательских отработок. Участок вытянут в северо-восточном направлении, площадь его составляет около 10 км². Добыча алмазов на данной территории ведется гвинейскими старателями с 1993 г, и продолжается по сей день. Найденные камни отличаются хорошим качеством, вес их достигает первых десятков карат (наиболее крупная достоверная находка – 78 кар) [10].

Дамбаинская площадь расположена в 50 км к юго-востоку от Массадинской в районе деревни Дамбая (префектура Бананкоро). Она включает в себя фрагмент русла р. Макона длиной 8 км и прилегающие к нему территории общей площадью около 100 км². Добыча алмазов ведется здесь гвинейскими старателями уже около 50 лет, и этот промысел является основным видом деятельности для большей части местного населения. Известны случаи находок алмазов весом 100–400 кар, 10–20-каратные камни встречаются довольно часто. Алмазы значительных размеров были найдены не только в аллювиальных, но и в делювиальных образованиях. Дамбаинская площадь входит в пределы Маконского кимберлитового поля и является высокоперспективной для обнаружения кимберлитовых тел [4].

Таблица 1. Содержание алмазов (%) различных кристаллографических форм в кимберлитах и россыпях Лесной Гвинеи по [2, 13]

Кимберлитовые поля и районы россыпной алмазоносности	Площади	Кристаллографические формы			
		Округлые ромбо-додекаэдры	Октаэдры	Переходные	Кубические
Бунудинское	–	71.5	9.3	15.9	2.3
Фенарийское	–	>50	<50	–	–
Бананкорское	Бауле	61	10	20	9
	Бауле-Бананкоро	84	6	10	–
	Бимбоко	50	10	40	ед. зн.
	Доффе	95	5	–	–
Маконское	Макона	75	25	–	–
	Дамбаинская	59.3	40.7	–	–
Ферубанское	–	40	40	20	–
Район россыпной алмазоносности Масента	Массадинская	10.5*	89.5**	–	–

Примечание. * – в том числе 5.7% плоскогранных ромбододекаэдров, ** – в том числе 8.0% кривогранных октаэдров.

На территории изучаемых площадей широкое развитие имеют крупнозернистые граниты и гранитогнейсы с ориентировкой гнейсоватости по азимуту 30°. Среди гранитоидов отмечаются линзы, мощностью первые десятки, реже до 100 м, сложенные кварцитами, хлорит-серицитовыми и тальк-серицитовыми сланцами, амфиболитами, гнейсами и слюдитами. Направление ориентировки таких линз совпадает с элементами гнейсоватости в гранитах.

Долеритовые дайки на изучаемой территории имеют преимущественно субширотное направление, мощность их колеблется от 10 до 15 м, достигая 40 м. Породы мелкозернистые, близ поверхности сильно выветрелые. Наряду с дайками долеритов значительное распространение имеют кварцевые прожилки, жилы и отдельные пегматитовые тела. Мощность кварцевых жил колеблется в пределах первых десятков сантиметров и очень редко достигает 1 м, углы падения субвертикальные. Иногда в них отмечается пиритовая минерализация.

На изучаемых площадях широко развиты латеритные коры выветривания. Мощность их на участках с выположенным рельефом достигает 10 м.

В геоморфологическом плане площади представлены слабо всхолмленной поверхностью, возвышающейся над руслами главных водотоков (р. Ува и Тавабо – для Массадинской, р. Макона – для Дамбаинской площади) на 50–70 м. Форма долин многочисленных притоков р. Ува, Тавабо и Макона в верховье V-образная, ширина днища составляет первые метры. По мере приближения к главным водотокам профиль ручьев выполаживается, долины расширяются до 20–50 м, мощность русловых отло-

жений увеличивается от первых десятков сантиметров в верхнем течении, до 2–3 м в устье. Ширина долин основных водотоков достигает первых сотен метров, мощность сильно обводненных наносов составляет 6–8, реже более 10 м. Аллювиальные образования четвертичного возраста слагают комплекс пойм, надпойменные террасы, “террасоувалы”. К базальным горизонтам вышеперечисленных уровней приурочены алмазоносные отложения.

Массадинская алмазоносная площадь

На Массадинской площади фирмой “SOREM” под руководством А.Ю. Шульгина выполнен комплекс работ, ориентированных на обнаружение первоисточников алмазов для современных аллювиальных россыпей, в результате чего канавами подсечены два кимберлитовых тела дайкового типа.

Первое тело вскрыто в верховьях левого безымянного притока р. Тавабо. Дайка ориентирована в субширотном направлении и падает на юг под углом 80°. Мощность ее колеблется от первых сантиметров в пережимах до 1 м в четковидных раздувах, составляя, в среднем, около 40 см. Прослеженная длина дайки – 150 м. В плане тело состоит из сегментов северо-восточного (60–70°) и юго-восточного (110–120°) простирания протяженностью от 10 до 50 м. В областях сочленения сегментов вмещающие граниты пронизаны сетью быстро выклинивающихся кимберлитовых прожилков и жил мощностью от первых сантиметров до 10–15 см, многие из которых не имеют видимой связи с дайкой. Ширина подобных штокверкообразных участ-

Таблица 2. Распространение алмазов различных кристаллографических форм в аллювии р. Тавабо Массадинской площади и кимберлитовой дайке с участка № 2 Дамбаинской площади

	Плоскогранные			Кривогранные			Σ
	Октаэдры	Ромбо- додекаэдры	Осколки	Октаэдры	Ромбо- додекаэдры	Осколки	
Аллювий р. Тавабо							
Кол-во кристаллов	322	24	65	45	32	21	509
%	63.3	4.7	12.8	8.8	6.3	4.1	100.0
Вес, карат	354.28	24.46	41.1	34.93	20.94	7.84	483.55
%	73.3	5.1	8.5	7.2	4.3	1.6	100.0
Дайка участка № 2							
Кол-во кристаллов	2	0	2	2	5	4	15
%	13.3	0	13.3	13.3	33.3	26.7	100.0
Вес, карат	0.42	0	0.28	0.54	1.40	0.34	2.98
%	14.1	0	9.4	18.1	47.0	11.4	100.0

ков достигает 2–3 м, протяженность – до 5 м, насыщенность кимберлитовым материалом – 20–30%. В дайке отмечаются смещения субмеридионального направления с амплитудой 50–70 см. Второе тело вскрыто в верхнем течении р. Тавабо. Дайка, прослеженная канавой на протяжении 15 м, простирается в северо-восточном направлении по азимуту 70° и имеет субвертикальные углы падения. Мощность ее увеличивается от 0.6 м на юго-западе до 2.5 м на северо-востоке. От тела под углом 20–30° отходят апофизы длиной до 1 м и мощностью 5–10 см.

Оба кимберлитовых тела выполнены плотным вязким глинистым материалом серого или темно-серого цвета с голубовато-зеленоватым оттенком. В криптозернистой основной массе равномерно распределены охристые вкрапления эллипсоидной формы размером от 1 до 15 мм, являющиеся, по-видимому, реликтами кристаллов оливина. В большом количестве встречаются уплощенные выделения пикроильменита, размером до 2.5 см. Количество пикроильменита класса крупности +2.0 мм при обработке 1 т кимберлита измеряется первыми килограммами. Зерна пикроильменита имеют шероховатую поверхность. Цвет минерала темно-серый, на свежих сколах – смоляно-черный. Блеск металлический, излом полураковистый. Пироп встречается в виде единичных зерен насыщенно-розового или густо-красного цветов. Кристаллы обладают характерной для кимберлитовых гранатов эллипсоидальной формой, размер их достигает 1 мм. В дайках нередко отмечаются ксенолиты вмещающих гранитов размером от первых сантиметров до 10–15 см в поперечнике. Параллельно контактам кимберлитовых тел в гранитах встречаются многочисленные прожилки крупнозернистого кварца мощностью до 5–10 см, а также просечки халцедона и гематита, в связи с чем вмещающие породы в области контакта обладают повышенной

механической прочностью. Мощность прожилковых зон составляет 1.0–1.5 м. Граниты на контакте с дайкой окрашены в красный цвет, что обусловлено интенсификацией процессов выветривания в ослабленной приконтактной зоне. Насыщенность окраски ослабевает по мере удаления от контакта дайки. Мощность измененной зоны колеблется от 1 до 3 м, в зависимости от мощности кимберлитового тела. Для выветрелых участков характерно наличие черных сажистых пятен гидроксидов марганца размером 10–15 см.

Установлена слабая алмазность кимберлитовых тел. При промывке 10 т материала, взятого из элювия первой дайки, был найден прозрачный алмаз без внутренних дефектов весом 0.33 кар. Камень является плоскогранным шпинелевым двойником [10]. В результате промывки 20 т кимберлита из второй дайки было извлечено 2 додекаэдронных алмаза весом 0.24 и 0.09 кар.

Одновременно с поиском первично-алмазных пород на Массадинской площади проводилась опытно-промышленная эксплуатация аллювия р. Тавабо, протекающей в пределах участка в северо-восточном направлении. Мощность аллювиальных отложений реки увеличивается вниз по течению от 5.0 до 6–6.5 м. Грубообломочный алмазосный слой (так называемый гравий) приурочен к базальной части современных речных отложений. На различных участках долины он составляет от 0.25 до 0.6 м. Продуктивный горизонт состоит из кварца (до 95%) и обломков кирасы (верхняя, наиболее измененная часть латеритной коры выветривания), здесь же найдены единичные обломки кимберлитов. Тяжелая фракция рыхлых алмазосных отложений представлена магнетитом, пикроильменитом, пиропом, реже встречаются корунд, монацит, циркон и хромшпинелид.

Таблица 3. Химический состав (мас. %) индикаторных минералов кимберлитов из аллювия р. Тавабо Массадинской площади и кимберлитов дайкового типа Дамбанской площади

Район отбора	Минерал	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	кол-во анализов
Массадинская площадь	Пироп	41.81 (40.69–42.66)	–	21.15 (17.75–27.73)	4.16 (0.08–8.63)	8.82 (7.43–15.54)	–	19.37 (15.99–22.50)	4.44 (1.44–6.29)	–	72
	Пикроильменит	–	50.91 (45.08–53.32)	0.49 (0.06–0.73)	0.75 (0.23–2.45)	35.17 (29.81–43.17)	–	11.54 (7.94–14.56)	–	–	46
Дамбанская площадь	Пироп	42.12 (41.02–43.59)	0.49 (0.00–1.39)	20.24 (16.27–22.39)	2.90 (0.00–7.67)	7.94 (6.88–10.67)	0.19 (0.00–0.52)	20.68 (19.47–22.42)	4.49 (3.75–5.42)	н.о.	36
	Пикроильменит	н.о.	48.40 (31.11–54.10)	0.22 (0.00–0.63)	1.54 (0.00–4.07)	36.08 (22.59–56.15)	0.16 (0.00–0.61)	10.34 (4.22–16.38)	н.о.	н.о.	36
	Диопсид-авгит	56.02 (55.24–58.68)	н.о.	1.46 (1.12–2.00)	1.46 (0.39–2.33)	3.41 (2.22–4.85)	н.о.	17.22 (15.65–19.22)	18.79 (16.31–21.55)	1.38 (1.05–1.87)	8
	Клиноэнстатит	58.26 (56.15–59.86)	н.о.	0.31 (0.00–0.46)	0.06 (0.00–0.30)	5.72 (4.96–7.68)	0.05 (0.00–0.27)	34.36 (32.56–35.42)	0.84 (0.59–1.14)	н.о.	14

Примечание. н.о. – не обнаружено. Анализы минералов из аллювия р. Тавабо выполнены в рентгеноспектральной лаборатории аналитического центра ОИГТМ СО РАН, методом количественного рентгеноспектрального микроанализа на микрозонде Camebax Micro; анализы минералов из кимберлитовых даек Дамбанской площади выполнены в ИМин УрО РАН на микроанализаторе JEOL-733 с использованием EDS спектрометра INCA ENERGY 200. Аналитик Е.И. Чуринов.

Из россыпи р. Тавабо фирмой “SOREM” под руководством А.Ю. Шульгина за период с 1999 по 2001 г. добыто 509 алмазов общим весом 483.55 кар. Объем промытой породы составил 11700 м³. Относительно невысокие содержания алмазов (0.04 кар/м³) не отражают общей картины алмазоносности реки, поскольку на момент проведения работ долина была практически полностью отработана гвинейскими старателями. На сохранившихся целиковых участках содержание алмазов составило от 0.4 до 1 кар/м³. Сходные показатели алмазоносности были, вероятно, и в промытом старателями “гравии”.

Найденные алмазы представлены плоскогранными и кривогранными индивидуями (табл. 2). Наибольшее распространение имеют плоскогранные камни (более 80%). Вес их изменяется от 0.04 до 8.71 кар, составляя, в среднем, 1.02 кар. Среди них резко преобладают октаэдры и их двойники. Алмазы чистые, бесцветные, количество микротрещин и включений в них, как правило, невелико. Нередко встречаются камни идеального качества, так называемые алмазы “чистой воды”. Подавляющее количество алмазов бесцветно, отдельные индивиды обладают желтоватым или голубоватым оттенком. Технические алмазы встречаются крайне редко. Кривогранные алмазы представлены октаэдрами додекаэдрами. Вес их значительно меньше, чем у плоскогранных (от 0.08 до 2.91 кар, в среднем – 0.65 кар). Для алмазов этого типа обычно наличие значительного количества микротрещин и включений. Кристаллы, как правило, бесцветны или же имеют желтоватый оттенок. Нередки находки камней с серебристым и светло-серым оттенком. Иногда встречаются алмазы, окрашенные в розовые и сиренево-розовые цвета. Некоторые как плоскогранные, так и кривогранные алмазы несут на себе следы сильного механического износа, характерного для алмазов, перенесенных на значительные расстояния, чего не наблюдается на большей части камней.

В ходе опытно-промышленной эксплуатации аллювия р. Тавабо А.Ю. Шульгиным была собрана коллекция минералов, представленная гранатами альмандин-пиропового ряда и ильменитами. В верховьях россыпи признаки механического износа минералов минимальны, размеры гранатов достигают 7–8 мм, а ильменитов 10–15 мм. Вниз по долине при уменьшении размеров минералов возрастает степень их износа. Гранаты

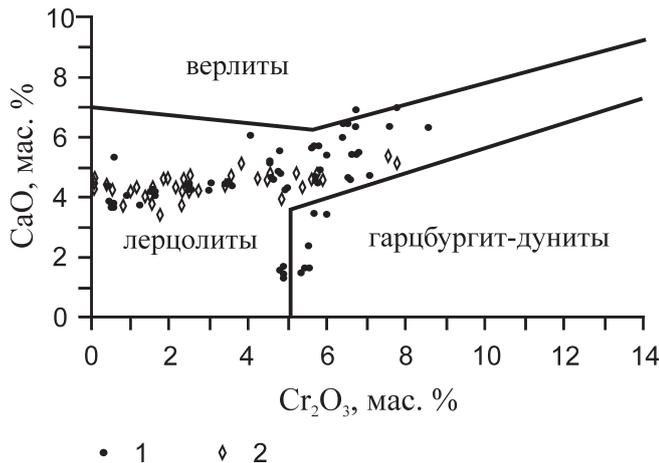


Рис. 2. Положение анализов пиропов на генетической диаграмме Н.В. Соболева [12].

1 – пиропы из россыпи р. Тавабо Массадинской площади, 2 – пиропы из кимберлитовых даек Дамбаинской площади.

представлены эллипсоидальными зернами или же осколками с сегментами эллипсоидальной поверхности. Такой формой обладают как мелкие, так и крупные кристаллы. Подобный облик характерен для гранатов, претерпевших растворение в магматическом расплаве. Данные микрозондового анализа гранатов из аллювия р. Тавабо приведены в табл. 3. Высокие содержания Mg (от 15.99 до 22.45%, в среднем – 19.55% MgO) и Cr (от 1.40 до 6.01%, в среднем – 4.62% Cr₂O₃) указывают на кимберлитовую природу минералов [12]. Основное число гранатов из аллювия р. Тавабо попадает в поле лерцолитового парагенезиса, в пользу чего говорят относительно высокие содержания Ca и значительные вариации количества Cr. Состав части зерен соответствует полю гарцбургит-дунитового парагенезиса (рис. 2). Ильменит представлен характерными для кимберлитовых пикроильменитов эллипсоидальными и округлыми зернами. Данные микрозондового анализа ильменитов приведены в табл. 3. Высокие содержания Mg и Cr позволяют отнести ильмениты из аллювия р. Тавабо к кимберлитовым пикроильменитам. Химический состав этих минералов попадает в поле составов ильменитов из кимберлитов Южной Африки [22]. Наряду с гранатами и пикроильменитами в пробах встречены единичные зерна хромшпинелида. Наличие на кристаллах следов магматического растворения, выраженных в присутствии на них скругленных вершин и ребер при сохранении плоских граней говорит в пользу кимберлитовой природы минерала [1].

Дамбаинская алмазоносная площадь

На Дамбаинской площади группой экспертов SRK Exploration Services производились рабо-

ты, ориентированные на обнаружение первично-алмазоносных пород, в результате которых на 5 поисковых участках было обнаружено 8 кимберлитовых даек.

Участок № 1 находится на левобережье р. Маккона в 2 км к юго-востоку от дер. Дамбая. Подсеченная здесь кимберлитовая дайка прослежена на расстояние 50 м, мощность ее составляет 30–40 см. В плане тело состоит из сегментов с простиранием 75° и 110° протяженностью 20 и 30 м, соответственно. Дайка падает в северном направлении под углом 80–85°. От нее на 1–1.5 м отходят немногочисленные апофизы мощностью 3–5 см. В теле наблюдаются горизонтальные смещения в южном направлении. Амплитуда их увеличивается с запада на восток от 20 до 60 см.

Участок № 2 расположен в 4 км к востоку от дер. Дамбая. Вскрытая в его пределах кимберлитовая дайка прослежена на 200 м. В плане она состоит из сегментов длиной от 30 до 50 м, простирание которых составляет 60–70° и 90–100°. Дайка падает на юг под углом 80–85°. Для разных сечений тела характерны значительные морфологические отличия. Так, в одном из шурфов дайка выдержана по мощности (20–40 см) и падению, в другом же – она имеет коленообразный изгиб, отклоняющий верхнюю часть тела относительно нижней на 1.5 м к северу. Мощность тела в этом сечении изменяется от 10 до 60 см. Одной из разведочных канав фиксируется V-образное разветвление дайки. От главного тела под острым углом отходят маломощные (3–5 см) апофизы, несколько реже встречаются кимберлитовые жилы, субпараллельные дайке и не имеющие видимой связи с ней.

Участок № 3 находится в 1 км к югу от дер. Дамбая. В его пределах вскрыты две близкорасположенные кимберлитовые дайки субширотного простирания. Прослеженная протяженность тел составляет 100 м. Северная дайка выражена отчетливее благодаря более интенсивной окраске, фрагментарному наличию в приконтактных областях полос голубовато-зеленого цвета и присутствию участков с обильной вкрапленностью крупных кристаллов пикроильменита. Расстояние между дайками увеличивается с запада на восток от 10–20 см до 1.5 м. Близкорасположенные тела нередко соединяются и расходятся вновь. Мощность каждой дайки составляет 30–40 см. Тела падают в северном направлении под углом 80–85°.

Участок № 4 расположен в 500 м к западу от участка № 3. Кимберлитовые тела, прослеженные здесь на расстояние 80 м, характеризуются разнообразной формой. Так, восточным шурфом вскрыта субширотно простирющаяся крутопадающая кимберлитовая дайка мощностью 20–30 см. На глубине 6 м тело распадается на 2 жилы мощностью 5–7 см, одна из которых выклинивается в пределах шурфа. Той же выработкой подсечена субмеридиональная

дайка (азимут простирания – 170°) мощностью 20–30 см. Тело падает в западном направлении под углом 85°. Шурф вскрывает также линзу размером 1.5 × 0.8 м, выполненную кимберлитовым материалом и не имеющую видимой связи с основными телами. Горной выработкой, расположенной в 30 м к западу, вскрыта сильно ветвящаяся кимберлитовая жила мощностью 10–15 см, которая близ поверхности образует штокверковую зону. Ширина зоны составляет 2.5 м, прослеженная протяженность – 4 м, насыщенность кимберлитовым материалом – 10–20%. На западной оконечности участка кимберлитовые образования представлены двумя субпараллельными дайками мощностью 20–25 см, расстояние между которыми составляет 2 м. На отдельных участках эти тела разбиваются на серии тонких прожилков. Близкое расположение участков 3 и 4, а также тот факт, что все их горные выработки расположены на одной линии, делает резонным предположение о том, что на обоих участках подсечена одна и та же локальная кимберлитоконтролирующая структура, в пределах которой и локализованы найденные тела.

Участок № 5 расположен в 2.5 км к юго-востоку от дер. Дамбая. Здесь вскрыта субширотно простирющаяся кимберлитовая дайка, мощностью 10–20 см. Тело, прослеженная длина которого составляет 80 м, падает в северном направлении под углом 75°. Одной из горных выработок вскрыто кимберлитовое тело мощностью 3.2 м. Элементы залегания его не ясны, поскольку глубина вскрытия кимберлита не превышает 2 м. Можно лишь констатировать его общее субширотное простирание и достаточно крутые углы падения. Маломощная дайка расположена севернее этого образования. На дне шурфа расстояние между телами составляет 1 м, при приближении к дневной поверхности оно сокращается. Взаимоотношение кимберлитовых тел неясно, поскольку область их контакта срезана процессами денудации.

Кимберлитовые дайки Дамбаинской площади выполнены вязким глинистым материалом, в котором встречаются крупные (1–3 см) кристаллы пикроильменита и редкие зерна граната. Близ поверхности цвет кимберлита зеленовато-желтый, с глубиной порода приобретает характерную зеленовато-серую окраску. Начиная с глубины 5–6 м, в кимберлите отчетливо проявляется порфировая структура: в зеленовато-серой основной массе равномерно распределены пятна ржаво-желтого цвета, являющиеся, по-видимому, реликтами измененного оливина, появляются бледно-зеленые обломки кристаллов энстатита, зеленые зерна авгита и желтовато-серые табличатые пластинки флогопита. В приконтактных участках некоторых тел фиксируются удлиненные полосы, выполненные сажистым черным веществом. В телах наблюдается изменение с глубиной содержаний основных

минералов-вкрапленников. Так, количество пикроильменита уменьшается от верхних интервалов опробования к нижним, а флогопит, пироксены и отчасти гранат на больших глубинах встречаются чаще. Подобная закономерность объясняется тем, что в приповерхностных условиях относительно неустойчивые силикатные минералы частично или полностью разлагаются, а более стойкий к процессам выветривания пикроильменит накапливается в ходе элювиального обогащения кимберлита. Основным минералом тяжелой фракции, полученной при промывке кимберлита, является пикроильменит, содержания граната составляют 1–2%. Оценить содержания пироксенов и, особенно, флогопита не представляется возможным, так как значительная часть этих минералов при обогащении уходит в хвосты. Можно лишь отметить, что количества слюды в 2–3 раза превосходят количества пирропа, а встречаемость пироксенов на два порядка ниже, чем гранатов.

Содержание тяжелой фракции в различных телах изменяется в широких пределах (рис. 3). Наименьшие его значения зафиксированы в дайке с участка № 2, где оно изменяется на различных интервалах опробования от 9 до 23 кг/т, составляя, в среднем, 15.6 кг/т, и в большом теле с участка № 5 (среднее содержание – 18 кг/т). В дайке с участка № 1 содержание тяжелой фракции колеблется от 21 до 54 кг/т, составляя, в среднем 34 кг/т. Максимальные количества концентрата получены при обогащении даек с участков № 3 и 4. Для этих тел аномально высоки не только средние значения содержаний тяжелой фракции (76 кг/т и 62 кг/т соответственно), но и амплитуда их колебаний на различных интервалах опробования (от 24 до 207 кг/т). Повышенное количество пикроильменита в дайках с участков № 3 и 4 визуальным фиксируется по наличию в них областей с обильной вкрапленностью этого минерала. Подобные области характерны также для маломощного тела с участка № 5.

Кимберлитовые дайки Дамбаинской площади характеризуются сходством морфологии и химического состава основных индикаторных минералов, результаты микронзондового анализа которых приведены в табл. 3. Гранаты представлены округлыми и эллипсоидными сильно трещиноватыми зернами винно-красного, реже малинового и желтовато-красного цветов. Размер их варьирует от первых миллиметров до 2–3 см. Относительно высокие содержания Са и значительные вариации количества Ст указывают на принадлежность их к лерцолитовому парагенезису (рис. 2). Пикроильмениты имеют характерную эллипсоидную форму. Цвет кристаллов черный с синеватым смолистым отливом, блеск на сколах металлический, излом полураковистый. Размер зерен 5–20 мм, встречаются овоиды до 10 см в поперечнике. По химическому составу они сходны с пикроильменитами из россыпи

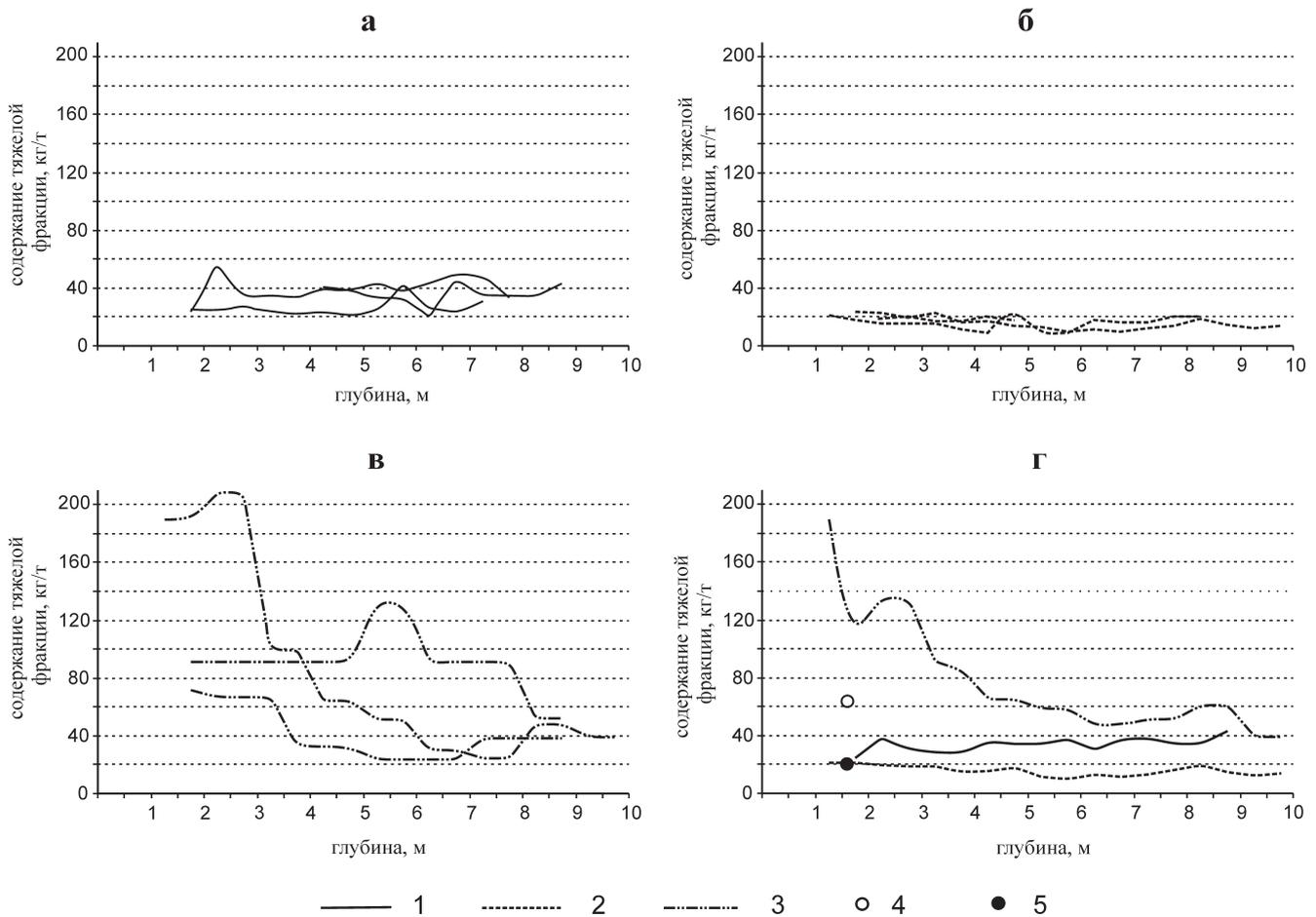


Рис. 3. Содержание тяжелой фракции в кимберлитах Дамбаинской площади по результатам валового опробования.

а – участок № 1, шурфы 1–3; б – участок № 2, шурфы 1–3; в – участок № 3; шурфы 1–3; г – средние содержания по участкам. 1 – результаты поинтервального опробования дайки с участка № 1, 2 – результаты поинтервального опробования дайки с участка № 2, 3 – результаты поинтервального опробования даек с участка № 3, 4 – среднее содержание тяжелой фракции в дайке с участка № 4, 5 – среднее содержание тяжелой фракции в дайке с участка № 5.

р. Тавабо и попадают в поле составов ильменитов из кимберлитов Южной Африки [22]. Краевые части зерен несколько обогащены **Mg** и **V** и **обеднены Fe**. Пироксены представлены бутылочно-зелеными спайными обломками диопсид-авгитов размером 3–5 мм, и слабоокрашенными желтовато-зелеными удлиненно-призматическими зернами клиноэнстатитов величиной до 10 мм. Низкая хромистость диопсид-авгитов, а также совместное нахождение орто- и клинопироксенов в одних телах, указывают на принадлежность последних к кимберлитам лерцолитового типа [12].

Из даек с участков № 1, 2 и 3 взяты валовые пробы весом 31.5, 65.3 и 53.7 т соответственно. В результате их обогащения и минералогического анализа концентрата класса крупности +1.5 мм установлена непромышленная алмазоносность тела с участка № 2. 14 алмазов весом от 0.03 до 0.44 кар было найдено в классе крупности –3+1.5 мм, еще один кристалл весом 0.47 карат обнаружен в классе –6+3 мм. Сред-

ний вес одного камня составил 0.20 кар, суммарный вес – 2.98 кар, содержание – 0.046 кар/т. Большая часть камней представлена додекаэдроидными и их осколками, 2 зерна являются плоскогранными шпинелевыми двойниками октаэдрических кристаллов (табл. 2). Алмазы бесцветны или же имеют медовый оттенок, в них часто наблюдаются трещины, а также твердые и газовые включения. Встречаемость алмазов в различных шурфах неодинакова (рис. 4). Так, из выработки, где дайка выдержана по мощности и падению, при обогащении 30 т кимберлита добыто 10 алмазов общим весом 1.97 кар. Из шурфа, расположенного в 40 м к западу, где вскрыто коленообразно изгибающееся кимберлитовое тело, отличающееся значительными вариациями мощности, при промывке 17 т породы извлечен один алмаз весом 0.44 кар. Таким образом, алмазоносность одного кимберлитового тела на расстоянии 40 м изменяется более чем в 2.5 раза (от 0.066 до 0.026 кар/т). Из даек с участка

№ 4 и большого тела с участка № 5 промыто 3.0 и 2.1 т породы. Алмазы в классах крупности +1.5 мм не обнаружены, однако столь небольшие объемы опробования не дают объективной информации об алмазоносности данных объектов.

В 200 м к востоку от участка № 3, в аллювии левого притока р. Макона старателями найдены два алмаза весом 2.0 и 13.5 кар, а затем тремя шурфами вскрыто кимберлитовое тело субширотного простирания. Из этого образования было промыто 15 кг породы, вес тяжелой фракции составил 1.24 кг, ее содержание – 82.7 кг/т. Сопоставимые содержания тяжелой фракции из старательских выработок и даек с участка № 3, а также тот факт, что они находятся на одной линии и на незначительном расстоянии друг от друга, указывает на то, что всеми выработками вскрыто одно и то же тело. Достаточно большие объемы опробования показали отсутствие в нем крупных алмазов. Следовательно, вскрытый старателями кимберлит не может рассматриваться в качестве первоисточника для найденных кристаллов. По всей видимости, эти камни были принесены из иных образований, размытых в верховьях ручья.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Представления о зарождении, эволюции и механизмах подъема кимберлитовых магм к дневной поверхности изложены в работах [6, 8, 9, 12, 20 и др.]. Выделяют магматическую, эксплозивную и постмагматическую стадии эволюции кимберлитов. Магматическая стадия включает в себя интрателлурический, плутонический и гипабиссальный этапы. На интрателлурическом этапе, во время которого происходит движение расплава от очага зарождения к земной коре, *PT*-условия отвечают области стабильности алмаза и именно здесь происходит его кристаллизация. Кратковременные изменения термодинамического режима обусловили частичное растворение и последующую регенерацию первично плоскогранных кристаллов, а также их зональность. На этом же этапе происходит кристаллизация оливина первой генерации, пирропа, пироксенов, хромшпинелида. Плутонический этап включает в себя движение расплава к верхним горизонтам земной коры. *PT*-условия данного этапа уже не отвечали области стабильности алмаза, вследствие чего происходили процессы только растворения кристаллов, выражающиеся в приобретении ими кривогранных форм. Степень сохранности алмазов зависит от длительности и режима плутонического этапа. Значительно изменившиеся термодинамические условия способствовали кристаллизации оливина второй генерации и ильменита, со второй половины этапа начинается выделение флогопита. Достижение кимберлитовым расплавом верхних горизонтов земной коры является началом гипабиссального этапа. Главными минералами его являются оливин

третьей генерации и ильменит, из расплавов, обогащенных калием, выделялся флогопит. В дайках и силлах этап завершился кристаллизацией микролитов меллилита, клинопироксена и перовскита. В эксплозивную стадию происходит формирование выходящих на дневную поверхность кимберлитовых тел, а в постмагматическую – их изменение за счет аутометасоматических процессов [9].

Существует связь морфологии кимберлитовых тел с их минеральным составом и алмазоносностью. Кимберлиты, отличающиеся повышенным содержанием наиболее глубинного материала, представленного высокохромистым гранатом и хромшпинелидами, как правило, выполняют трубки. Для их алмазоносных разностей характерно повышенное количество плоскогранных алмазов. Породы, слагающие дайки и силлы, отличаются повышенным содержанием минералов, кристаллизовавшихся на плутоническом и гипабиссальном этапах (пикроильменит и флогопит). Алмазоносность этих объектов значительно меньше, во многих телах преобладают кривогранные кристаллы, часто несущие на себе следы пластической деформации и графитизации [16]. Подобные различия в минеральном составе и алмазоносности кимберлитов связаны с тем, что сформировавшие их магматические очаги возникали в различных частях восходящих конвективных потоков вещества верхней мантии. Во внутренних

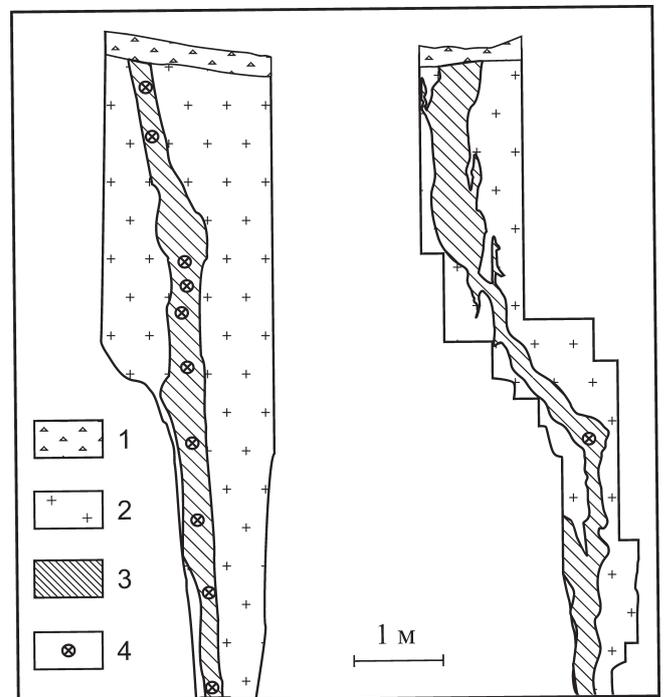


Рис. 4. Геологический разрез кимберлитовых даек с участка № 2.

1 – делювий, 2 – гранит, 3 – кимберлит, 4 – места находок алмазов.

зонах температура субстрата была максимальной, плавление начиналось при существенно более высоком давлении, и, следовательно, на больших глубинах. Высокая температура обусловила пониженную вязкость наиболее глубинных кимберлитовых магм, и, следовательно, более быстрый их подъем к подошве земной коры, а при благоприятных тектонических условиях – и к ее верхним горизонтам [6]. Образование кимберлитовых магм центральных частей конвективных потоков на больших глубинах явилось причиной повышенного содержания в них высокобарических минералов, а их сравнительно быстрый подъем обеспечил высокую сохранность алмазов. Кимберлиты, очаги зарождения которых находились на периферии конвективных потоков, отличаются большим содержанием минералов, кристаллизовавшихся на плутоническом и гипабиссальном этапах, что связано с более длительным их подъемом. Они тяготеют к окраинам кимберлитовых провинций и значительно чаще образуют дайки и силлы. Количество алмазов и степень их сохранности в таких образованиях значительно ниже [9].

Для даек и силлов повышена роль тектонического контроля: эти типы тел особенно широко распространены на уровне фундамента платформы, на щитах, а также на территориях, сложенных изверженными породами. Это определяется прежде всего тем, что в подобных жестких, легко раскалывающихся образованиях, имеется значительное количество подготовленных до внедрения кимберлитов трещин. Большинство дайковых тел характеризуется унаследованной формой ранее существовавших трещин, отчетливыми ровными контактами с вмещающими породами и однородным внутренним строением, что свидетельствует о постепенном внедрении данных образований [4].

Характерные для кимберлитовых даек особенности морфологии, минерального состава и алмазности наблюдаются и на изученных на Массадинской и Дамбаинской площадях телах. 7 из 9 даек имеют субширотное простирание, что отвечает направлению одной из основных разломных зон Леоно-Либерийского щита [14]. Для всех прослеженных на достаточное расстояние тел фиксируется приуроченность их к трещинным структурам, которая выражается в плане заполнением дайками сегментов с различным простиранием, в разрезе – наличием коленообразных перегибов и полостей заполнения. Кимберлитовым материалом выполнены также многочисленные прожилки, часто не имеющие видимой связи с дайками. Число их резко возрастает на тектонически ослабленных участках.

Высокие содержания пикроильменита, типоморфные особенности пиропов и пироксенов, а также совместное нахождение орто- и клинопироксенов в одних телах, позволяют отнести изученные кимберлитовые проявления к слабоалмазносным ильменитовым лерцолитам [12]. Различие в содержании

основных индикаторных минералов кимберлитов, главным образом, пикроильменита, позволяет выделить три типа кимберлитов.

К первому типу относятся тела со средним содержанием тяжелой фракции от 14 до 18 кг/т. Это дайка с участка № 2 и южное тело с участка № 5 Дамбаинской площади, а также кимберлиты Массадинской площади. Их отличительной особенностью являются небольшие изменения содержания минералов тяжелой фракции на различных интервалах опробования (от 9 до 23 кг/т) и значительная мощность некоторых образований (до 3.2 м). Для большей части пород данного типа установлена слабая алмазность. Ко второму типу относится дайка с участка № 1 Дамбаинской площади, средней содержание минералов тяжелой фракции в которой составляет 34 кг/т при его изменении на различных интервалах опробования от 21 до 54 кг/т. К третьему типу относятся дайки Дамбаинской площади с участков № 3 и 4, а также северная дайка с участка № 5. Тела характеризуются большими вариациями содержания минералов тяжелой фракции при общих высоких их значениях (от 33 до 207 кг/т, в среднем для различных объектов – 62–76 кг/т).

Компактное расположение кимберлитов всех выделенных типов, приуроченность их одной и той же региональной тектонической структуре и тождественность химического состава основных минералов говорят о том, что описанные дайки являются продуктом единого магматического импульса. Следовательно, выделенные типы кимберлитов фиксируют различные стадии внедрения вещества, а количество минералов тяжелой фракции, представленной, главным образом, пикроильменитом, можно использовать как индикатор последовательности внедрения данных образований.

Наиболее ранними являются дайки первого типа. Относительно быстрое их внедрение обусловило невысокие содержания тяжелой фракции и повышенную сохранность алмазов. В дальнейшем степень дифференциации магматического расплава возрастает, что выражается как в увеличении количества пикроильменита, так и в возрастании амплитуды его содержания на различных интервалах опробования, происходит формирование даек второго, а затем и третьего типов. Длительность внедрения этих образований способствовала существенно большему растворению в них алмазов: при сопоставимых для всех кимберлитов объемах опробования алмазность класса крупности +1.5 мм для тел второго и третьего типов не установлена.

Алмазы из даек Дамбаинской и Массадинской площадей представлены, в основном, кривоуглыми индивидами, наибольшим распространением среди которых обладают додекаэдроподобные (табл. 2). Сходные соотношения основных кристаллографических форм характерны и для алмазов из других кимберлитовых проявлений Лесной Гвинеи (табл. 1). Обра-

щает на себя внимание резкое отличие кристаллов из позднемезозойских кимберлитов и аллювиальных отложений р. Тавабо, в которых они представлены, в основном, плоскогранными октаэдрами (табл. 1, 2). Подобное несоответствие не только указывает на незначительную россыпеобразующую роль дайкового комплекса для Массадинской площади, но и ставит под вопрос причастность его к формированию россыпей всего региона.

Большое количество плоскогранных октаэдров характерно для высокоалмазных разновидностей кимберлитов. Внедрение подобных тел обычно происходит на ранних стадиях кимберлитового магматизма, они тяготеют к центральным частям кимберлитовых провинций и, как правило, слагают трубки. Содержание пикроильменита в подобных образованиях составляет обычно 0.1–7.0 кг/т, достигая лишь в редких случаях 20–25 кг/т [9], что значительно меньше, чем в изученных дайках. В пользу близкого расположения россыпегенерирующих кимберлитов говорит наличие в аллювии р. Тавабо пиропов гарцбургит-дунитового парагенезиса, а также находки крупных алмазов в делювиальных отложениях. Компактное размещение высоко- и низкоалмазных кимберлитов объясняется благоприятными тектоническими условиями: наличие большого количества разломных зон способствовало беспрепятственному внедрению как ранних, так и поздних порций кимберлитового расплава.

Достоверных сведений о находках на территории Лесной Гвинеи высокоалмазных кимберлитов нет. По всей видимости, это связано с затрудненностью поиска подобных тел, обусловленной их повышенным эрозионным срезом, а также низким содержанием в них минералов тяжелой фракции при общей высокой зараженности территории кимберлитовым материалом, привнесенным более поздними образованиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На рассмотренной территории авторами выделяются два этапа кимберлитового магматизма.

Ранний этап фиксируется по преобладанию в россыпи р. Тавабо плоскогранных алмазов. В пользу расположения первоисточников этих алмазов на территории Массадинской площади или в непосредственной близости от нее говорит наличие в аллювии р. Тавабо низкокальциевых хромистых пиропов, характерных для высокоалмазного гарцбургит-дунитового парагенезиса. О близком расположении россыпегенерирующих пород на Дамбаинской площади говорят находки крупных алмазов в руслах небольших водотоков и делювиальных отложениях.

Поздний этап представлен широко развитыми на участках дайками и жилами, которые являются типичными представителями позднемезозойских кимберлитов Леано-Либерийского массива. Особенности

химического состава пиропов, пикроильменитов и пироксенов позволяют отнести данные образования к лерцолитовому парагенезису. Значительные различия в содержании минералов тяжелой фракции в изученных телах указывают на дискретность формирования пород данного этапа. Слабая алмазность зафиксирована только в наиболее ранних образованиях, характеризующихся небольшими содержаниями минералов тяжелой фракции. Алмазы представлены, в основном, кривогранными додекаэдрами. Преобладание подобных форм характерно и для алмазов из других кимберлитовых проявлений Лесной Гвинеи.

Эксплуатация позднемезозойских кимберлитов на территории Гвинеи не ведется ввиду слабой алмазности и малой мощности большинства образований. Поиск высокоалмазных тел раннего этапа внедрения осложнен широким распространением слабоалмазных кимберлитов, характеризующихся повышенным содержанием минералов тяжелой фракции. Все известные кимберлитовые проявления приурочены к трещинным структурам, что указывает на повышенное влияние тектоники на локализацию кимберлитов. Следовательно, наиболее перспективными для обнаружения новых тел являются тектонически ослабленные зоны, выделение которых и является первоочередной задачей для поиска новых кимберлитовых образований.

Авторы выражают благодарность В.В. Левину, В.В. Иванову (Qwantica Corporations), А.Б. Михайлову, А.В. Болонину (SRK Exploration Services), П.В. Хворову (ИМин УрО РАН), П.С. Корди (ЗАО “Теллур-СПб”) за предоставление доступа к геологической информации и помощь в сборе фактического материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П. Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов. Новосибирск: “Манускрипт”, 2001. 276 с.
2. Владимиров Б.М., Твердохлебов В.А., Колесникова Т.П. Геология и петрография изверженных пород юго-западной части Гвинейско-Либерийского щита. М.: Недра, 1971. 242 с.
3. Геологическая карта мира. Масштаб 1 : 15 000 000 / под ред. Б.А. Яцкевича. СПб. Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2000.
4. Зубарев Б.М. Дайковый тип алмазных месторождений. М.: Недра, 1983. 183 с.
5. Метелкина М.П., Прокончук Б.И., Суходольская О.В. и др. Докембрийские алмазные формации мира М.: Недра, 1976. 133 с.
6. Милашев В.А. Физико-химические условия образования кимберлитов. Л.: Недра, 1972. 176 с.
7. Милашев В.А. Кимберлитовые провинции. Л.: Недра, 1974. 238 с.
8. Милашев В.А. Кимберлиты и глубинная геология. Л.: Недра, 1990. 167 с.
9. Милашев В.А., Третьякова Ю.В. Режим и факторы образования кимберлитов. СПб.: Российский НИИ

- культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачева, 2003. 112 с.
10. *Некос В.В.* К находке коренного источника алмазов в пределах Массадинской алмазоносной площади (Республика Гвинея) // Щелочные комплексы Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГГиМС, 2003. С. 125–131.
 11. *Николенко Е.И., Афанасьев В.П.* Особенности морфологии и химического состава пикроиль-менита из кимберлитов Африки (Респ. Гвинея) и Якутии (Трубка Удачная) // Кристаллогенезис и минерагения. СПб.: СПбГУ, 2007. С. 307–309.
 12. *Соболев Н.В.* Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск: Наука, 1974. 264 с.
 13. *Трофимов В.С.* Геология месторождений природных алмазов. М.: Недра, 1980. 237 с.
 14. *Хагерти С.И.* Алмазоносность западной Африки: Структурное положение и продуктивность кимберлитов // Геология и геофизика. 1992. № 10. С. 44–60.
 15. *Хаин В.Е.* Региональная геотектоника. Внеальпийская Азия и Австралия. М.: Недра, 1979. 186 с.
 16. *Харькив А.Д.* Кимберлитовые жилы, сопряженные с трубками, как самостоятельная фаза кимберлитового магматизма // Докл. АН СССР. 1975. Т. 224. № 1. С. 190–193.
 17. *Шуберт Ю., Фор-Мюре А.* Тектоника Африки. М.: Мир, 1973. 270 с.
 18. *Шульгин А.Ю.* К проблеме алмазоносности Лесной Гвинеи (Западная Африка) // Щелочные комплексы Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГГиМС, 2003. С. 183–190.
 19. *Bardet M.G.* Gisements de diamants d'Afrique. Geologie du diamant. Mem. Bur. Rech. Geol et miner. 1974. V. 2. № 83. 229 p.
 20. *Dawson J.B.* Kimberlites and their xenolites. Springer, 1980. 252 p.
 21. *Haughton S.N.* Stratigraphic history of Africa South of the Sahara. Edinburgh, London: Oliver a. Boyd, 1963. 365 p.
 22. *Frick C.* Kimberlitic ilmenites. // Transact. Geol. Soc. South Africa. 1973. V. 76. № 2. P. 85–94.
 23. *Knopf D.* Kimberlites et le roches apparentees de Cote d'Ivoire. Sodemi–Abidian, 1970. P. 139.

Рецензент А.Ю. Кисин

Dyke kimberlites of the Forest Guinea, Western Africa: Mineralogy, diamond potential and placer-forming role

Yu. D. Kraynev*, A. Yu. Shulgin**

**Institute of Mineralogy Urals Branch of RAS*

***“Sibgeoconsulting” С*

New data about the morphology, mineral composition and diamond potential of recently discovered kimberlite dikes from the Forest Guinea are represented in the paper. Typomorphic features of pyrope, picroilmenite and pyroxenes from these bodies allowed to take them to the lherzolite paragenesis. The differences in diamond potential and heavy fraction amount are caused by consecutive dyke's formation during kimberlite magmatizm activity decreasing. New information about diamonds and indicating minerals of kimberlites from Tavabo river alluvium is represented. The differences between prevalent diamond habitus forms from these deposits and from kimberlites of dyke complex indicate about a little placer-forming role of the latter. The pyrope from high diamond-bearing harzburgite-dunite paragenesis indicates that feader kimberlites are in short way from the placer.

Keywords: *Africa, diamond deposits, kimberlite dykes.*